

자율주행 기반 스마트 모빌리티

□ 문영준 / 한국교통연구원

요약

최근 수년간 급속도로 발전한 정보통신(CT) 및 인공지능(AI) 관련 기술은 사회전반에 걸쳐 모든 산업영역에 변화의 바람을 불러일으키고 있다. 교통부문에서도 이러한 기술의 융·복합을 통해 교통체계의 효율성과 안전성을 향상시키기 위한 노력이 자율주행의 기술발전으로 나타나고 있다. 자율주행은 그동안 인간이 운전해오던 자동차 중심의 교통체계에 혁신적인 변화의 동인이 될 것으로 전망된다. 개인 승용차 시장에 자율주행자동차의 등장과 버스, 택시 등 대중교통과 공유교통차량의 대중교통 기능 적용, 그리고 트럭 및 대형 버스 등 상용차의 군집주행기술 도입 등 다양한 분야에서 산업화가 진행되고 있는 것이 그 이유다. 이로 인해 시민들의 일상생활에서 가장 중요한 부분을 차지하는 이동성(Mobility)을 제공하는 서비스에 상당한 영향을 줄 것으로 예측되고 있다. 본고는 자율주행이 가져올 미래 교통체계의 변화로 대변되는 스마트 모빌리티에 대한 기술과 서비스 방향에 대해 진단하고, 효율적인 산업화를 위한 방안을 제시한다.

1. 서론

최근 ICT 융복합을 기반으로 공공 및 민간이 연계한 교통정보 운영모델 개발, 실생활 연계 서비스 발굴의 필요성이 전세계적으로 대두되고 있다. 그러나 지난 수십년간 유지되어온 자동차 산업계를 포함한 교통시스템 업계 중심의 기술 개발 및 시장 성장에 따른 혁신 서비스 개발 능력 부족과 교통 등 사회문제에 대한 미온적 대응으로 인해 아직 구체적인 서비스 방안이 제시되고 있지 못하고 있는 것이 현실이다. 또한, 교통체증, 고령화 진입, CO₂ 감축 등 장래에 반드시 해결되어야 할 사회문제를 위한 기술 개발 및 상용화에 대한 교통시스템 업계의 투자 및 대응이 미흡한 상황이다. 산업 측면에서는 WAVE/5G, SW, 전기차 등 다양한 ICT 업계가 기존 자동차 산업 분야에 진입이 어려웠으나, 최근 미래 자율주행자동차로 인한 혁신 및 다양한 서비스

산업 분야에 참여가 가능해지면서 새로운 자율주행 기반의 시스템 산업으로 육성이 가능해지고 있다. 교통분야의 최근 경향은 ICT 융복합을 통한 교통시스템의 안전과 첨단화, 교통복지 및 환경개선효과를 함께 얻을 수 있는 방향으로 변화하고 있어 차량과 도로인프라의 초연결성(V2X Connectivity)을 기반으로 생활교통서비스를 획기적으로 개선하는 스마트 모빌리티(Smart Mobility) 구현을 목표로 하고 있다.

II. 자율주행시스템 개요

자율주행시스템의 기술단계를 설명할 때 국제적으로 공통 사용되는 개념은 미국의 자동차공학회(SAE)에서 제시하고 있는 자율주행자동차의 기능에 따른 6단계(Level 0 ~ Level 5)의 구분이다. 차량에 아무런 자동화된 주행기능이 없는 것을 Level 0로 표시하고, 속도제어 또는 차로유지 중 하나만 자율주행이 가능한 기능을 Level 1, 복합적인 제어기능으로 정해진 구역 내 속도와 방향을 동시에 제어하여 자동차전용도로에서 운전자의 개입하에 차로 추종이 가능한 것이 Level 2, 고속도로 등 정해진 특정 구역 내에서 속도, 방향 및 차로변경 등 운

전자의 부분적인 개입하에 자율주행이 가능한 것이 Level 3, 정해진 도로구역 내에서 운전자의 개입없이 자율주행이 가능한 기능이 Level 4, 그리고 모든 도로 상황에서 운전자 없이도(Driverless) 완전 자율주행이 가능한 기능이 Level 5로 구분된다. 또 다른 기준은 미국 교통부(USDOT)의 교통안전청(NHTSA)에서 제시한 것인데 여기서는 Level 4와 Level 5를 묶는 5단계 분류체계다.

자율주행자동차를 시스템 차원에서 정의하기 위해서는 도로인프라에 대한 기술수준이 융복합되어야 한다. 그러나 도로인프라의 디지털화 및 교통류 운영관리에 대한 기술수준은 국제적으로 공통 적용되는 분류체계는 아직 없다. 자율주행자동차를 시스템 차원에서 정의하기 위해 한국교통연구원(KOTI) 교통기술연구소에서는 도로인프라에 대한 기술수준을 다음과 같이 제시하고 있다. Level 0 ~ Level 1까지는 현재 전국적으로 구축 운영되고 있는 지능형교통체계(ITS)를 기반으로 하고, Level 2를 위해서는 기본 ITS 기반의 고도화된 교통정보의 물리적 인프라를 제공하며, Level 3를 위해서는 V2X 초연결성이 지원되는 차세대 ITS(Cooperative ITS: C-ITS) 기반의 디지털인프라, Level 4를 위해서는 사물인터넷 및 빅데이터를 통해 교통류를 제어하는 인공지능형 ITS(Automated-ITS: A-

〈표 1〉 자율주행시스템 분류체계

	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
SAE	No Automation	Driver Assistance	Partial Automation	Conditional Automation	High Automation	Full Automation
NHTSA	No Automation	Function Specific Automation	Combined Function Automation	Limited Self-Driving Automation	Full Self-Driving Automation	
KOTI	Vehicle Function	Vehicle & Road Assisted (ITS)	Vehicle & Road Assisted (ITS)	Vehicle & Road Cooperated (C-ITS)	Vehicle & Road Automated (A-ITS)	

(Source: NHTSA & KOTI, 2016)

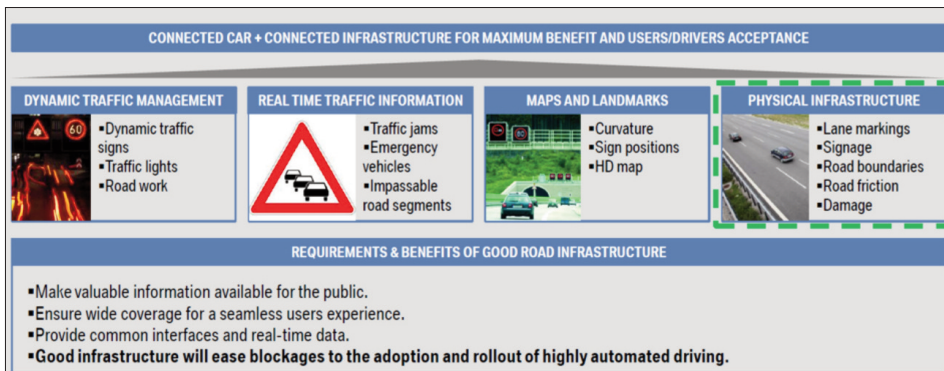
ITS) 기반의 논리적(Logical) 인프라로 지원하는 분류체계다.

1. 자율주행시스템 Level 3 및 Level 4

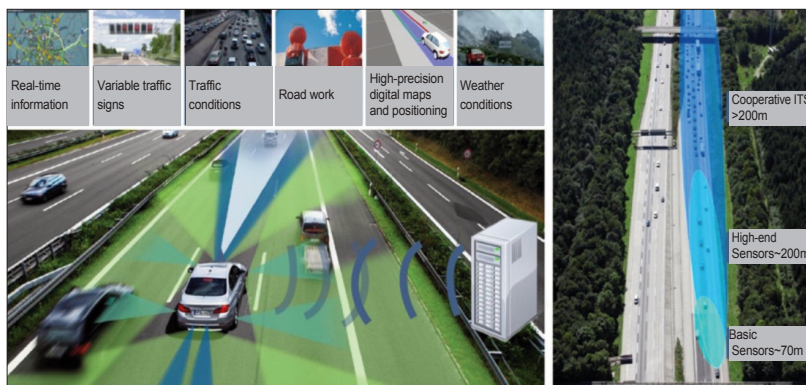
아래 <그림 1>에서 보여지는 Level 3 자율주행시스템은 도로인프라와 차량간 V2X 초연결성을 통해 Level 3 기능을 구현하기 위한 도로인프라의 기본 요구사항을 충족해야 한다. 우선 도로인프라의 물리적인 기하구조의 개선이 요구되는데 여기에는 차선표시, 안내표지, 도로경계표시, 노면마찰계수나 노면파손 등 노면상태 등이 포함된다. 또한 운전자

가 아닌 자율주행차량 자체가 인식할 수 있도록 도로에 부착되거나 설치된 모든 교통정보 및 안내표지 등이 디지털화되어야 하며, 고정밀 측위기술을 기반으로 한 도로지도에 도로인프라의 종단선형 및 횡단선형 등이 동적지도로 제공되어야 한다.

아래의 <그림 2>는 Level 4 자율주행시스템을 구현하기 위한 개념도를 보여주고 있다. 차량-도로 및 차량 간 모든 초연결성이 완료됨과 동시에 도로의 일정 구간을 자율주행체계로 운영제어할 수 있도록 지역제어센터(Local Control Center, LC)가 구축 운영되는 개념이다. LC는 도로 및 교통, 기상 환경의 변화에 따라 해당 도로구간에 최적의 자율



<그림 1> Level 3 자율주행시스템 개념도 (Source: AVS 2016)



<그림 2> Level 4 자율주행시스템 개념도 (Source: AVS 2016)

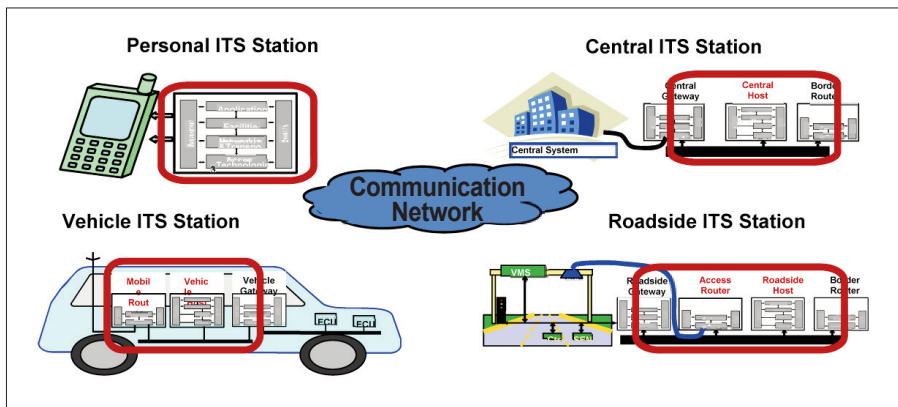
주행 운영제어변수(Operation & Control Parameter)를 지정하여 각 차량에 내려줄 수 있도록 교통류(속도 - 밀도 - 통행량) 데이터의 상관관계에 따른 모든 경우의 수를 딥러닝 기반으로 가공하여 운영하여야 한다.

2. Level 3 및 Level 4를 위한 도로인프라 요구기능

자율주행시스템이 Level 3 및 Level 4의 기능으로 진화하기 위해서는 특히 도로인프라(Roadway Infrastructure)의 기능이 자율주행차의 해당 기능을 지원할 수 있어야 한다. 이를 위해 도로인프라의 기능을 물리적인 인프라(Physical Infrastructure), 정보화 인프라(Digital Infrastructure), 그리고 논리적인 인프라(Logical Infrastructure)의 3가지 측면에서 분류할 수 있다. 물리적인 인프라는 자율주행차량이 주행 중 원하는 기능을 구현할 수 있도록 기본적인 도로기하구조 즉, 종단선형(Vertical Alignment) 및 횡단선형(Horizontal Alignment) 등의 개선과 차선 및 차로폭, 노면상태 및 노면안내

표시, 도로이탈방지장치 등의 개선이 이에 포함된다. 디지털 인프라는 그동안 운전자가 인식하던 모든 도로주행 조건을 자율주행차량이 인지할 수 있도록 시각적이며 도식적인 모든 도로표지 및 안내표지를 디지털화시키는 것이다. 이와 더불어 자율주행차가 그 기능을 수행할 수 있도록 도로에 대한 고정밀지도(HD Map)를 구축해서 차량의 정확한 위치를 결정해주는 측위기술(Positioning Technology)의 적용도 디지털 인프라에 포함된다. 또한 차량과 도로 및 차량간 통신연계성을 확보하기 위한 Vehicle to Any Device (V2X) 통신인프라 즉, C-ITS 혹은 Cellular V2X 구축과 이와 관련된 모든 정보의 흐름과 관리 기술이 디지털 인프라를 구성하는 핵심요소가 된다.

논리적 인프라는 디지털 인프라인 V2X를 통해 얻어진 차량과 도로의 모든 주행데이터는 소위 Big Data로 구성되고 이를 4개의 첨단정보처리 주체(ITS Station) 즉, 차량단(Vehicle Station), 도로단(Roadway Station), 센터단(Central Station) 및 개인단말기(Personal Station)에서 각각의 목적에 맞는 데이터플랫폼을 통해 처리된다. ISO/TC204



(그림 3) C-ITS를 위한 4대 Station (Source: ISO/TC204)

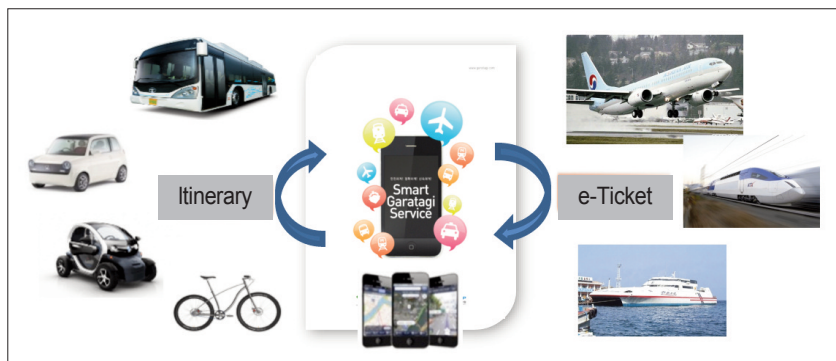
에서 규정한 C-ITS를 위한 4개의 Station에 대한 기본 아키텍처 개념은 <그림 3>과 같다. 이 과정에서 인공지능(Artificial Intelligence: AI) 기법으로 데이터의 학습(Deep Learning) 과정을 거쳐 각각의 알고리즘이 처리된다.

III. 스마트 모빌리티

전기차 및 수소연료전지차 등 친환경자동차의 도입은 산업부문에서 전력 및 수소의 대규모 생산과 사용이 가능한 산업기반을 갖추어야 하고 교통부문에서는 수송인프라를 신속히 구축하여 교통수단으로의 자리매김을 할 수 있도록 지원해야 한다. 특히 교통물류분야의 새로운 기술개발의 R&D 수요는 차세대 무공해 에너지원인 전기와 수소연료전지로 구동되면서 도심지 교통문제를 해결함과 동시에 교통약자를 지원할 수 있는 친환경 대중교통차량 및 공유형 쉐어링차량을 지원하는 인프라 기술과 이를 안전하고 효율적으로 교통체계에 편입시킬 수 있는 운영시스템 기술에 맞추어져 있다. 그동안 공급자 위주로 구축된 교통시스템 기반에서 사용자 중심의

교통서비스 제공을 위하여 모빌리티 통합서비스 및 스마트시티 관련 다양한 정책 및 기술 개발이 전세계적으로 진행되고 있다. 유럽은 교통 이용자가 개인당 하나의 계정을 이용하여 과금, 여정관리, 멀티모달 연계 및 환승에 대한 인센티브 제공과 같은 다양한 교통 서비스 제공을 위한 네트워크 기반의 Mobility as a Service(MaaS) 기술의 개발방향을 정하고 있다. 미국교통부(USDOT)는 스마트시티 Challenge를 통해 미래 도시에 대한 새로운 비전을 제시하고, Mobility on Demand(MoD) 프로젝트를 통해 통합모빌리티 서비스 상용화를 위한 정부 차원의 다양한 지원정책을 추진 중이다. Self-driving Cars, Connected Vehicle, Smart Sensor, Smart Grid, C-ITS 통합, 전자지불 등 혁신적인 교통기술이 통합된 최초의 스마트시티 구축사업이 국가혁신프로젝트로 추진되고 있어 Urban Automation, Connected Vehicles, ITS, Digital Infrastructure 등을 기반으로 Smart Mobility 서비스가 곧 실현될 전망이다.

스마트 모빌리티 서비스는 일반적으로 이용자 개인 맞춤형 교통서비스로 표현된다. 여기에는 전기차/자율차 기반의 공유형 교통체계를 기본적으로



<그림 4> 스마트 모빌리티 서비스 개념 (Source: 한국교통연구원)

제공하는 것이 가장 중요한 요소로 이를 위해서는 수요자 중심 기존 교통체계의 재조정이 요구된다. 이를 위해 Big Data를 기반으로 한 맞춤형 이동서비스 즉, Mobility on Demand의 제공이 필요하다. 자율주행과 스마트 모빌리티를 기반으로 미래교통체계가 구축될 경우 교통체계의 궁극적인 목표가 다음과 같이 설정되어 실현이 가능할 것이다. 즉, 내연기관 자동차 없는 친환경 교통체계, 나홀로 주행이 필요없는 공유형 비혼잡 교통체계, 그리고 대중교통과 개인교통(도보/자전거 등)이 모두 연결된 통합형 교통체계의 구현이다.

이렇게 되면 개개인 이용자에게 자신의 하루 일정에 맞는 맞춤형 스마트 통행서비스인 Networked Smart Journey (Trip) Planner가 제공될 것이다. 대표적인 서비스로는 모바일 기반 예약, 지불, 정보 통합서비스(예, 유럽 MaaS, 미국 MoD 등)와 대중교통과 공유교통 등 모든 교통수단의 이동성 통합서비스, 그리고 사물인터넷(IoT)으로 차량, 도로/시설인프라, 모바일기기 등 초연결성 기반의 통합서비스가 여기에 속한다. 이를 실현하기 위해 국가나 지방자치단체에서는 다수단 다중시설 연계환승네트워크(Hub & Spoke) 구축과 전기차 기반 공유형 도심자율주행 연결(First/Last Mile) 서비스를 제공하고, 스마트모빌리티를 위한 클라우드 운영센터를 구축하여야 한다.

IV. 결론

지난 수년간 개발되고 보완되어 온 교통연계 및 환승시스템 기술, 모바일 기반 교통정보 제공기술, 전기차 관련 친환경 기술 등을 기존 교통체계에 실질적으로 융복합 할 수 있는 통합모빌리티(Mobility Integration)는 스마트 모빌리티 서비스로 실용화 단계에 접어들었다. 이를 위해 기존 도로, 철도, 항공 등 사회기반인프라(SOC)를 정보통신기술(ICT)과 빅데이터, 인공지능 등 기술이 융복합되는 디지털인프라로 전환하는 정책이 국가적으로 준비되고 있다. 자율주행차의 차량센서 기능과 가격 등 기술 한계를 극복하고 도로를 주행하는 다른 차량들과 능동적인 안전성을 확보하기 위해 차량과 도로(V2I), 차량과 차량(V2V)이 유기적으로 정보를 연계하도록 지원하는 디지털인프라의 구축도 필요하다. 단기적으로는 도로의 기하구조와 도로표지 등을 개선하고 데이터베이스를 구성하는 물리적인 인프라(Physical Infrastructure) 고도화가 필요하다. 이를 기반으로 도로의 정밀지도를 구축하여 주행중인 차량들을 정확하게 추적하도록 측위기술을 융합하고, 차세대 지능형교통체계(C-ITS)를 적용하는 정보통신시설을 확충하면 디지털인프라(Digital Infrastructure)가 구성된다. 중장기적으로는 인공지능을 통해 교통류의 이동성을 최대로 유지하고, 교통빅데이터 분석을 통한 스마트 모빌리티 서비스를 제공하기 위해 논리적인인프라(Logical Infrastructure) 기술을 확보해야 한다.

참고 문헌

- [1] 문영준 외, IT-차량 기술 융합형 The Fully Networked Car 기반 교통체계 구축, 한국교통연구원, 2009
- [2] 문영준 외, ICT 융합 기반 교통시스템 혁신 방안, 한국교통연구원, 2013
- [3] 문영준 외, ITS 운영기반 교통모형 개선 연구, 한국교통연구원, 2013
- [4] 문영준 외, ICT 융복합 기반 국가교통기술 혁신 중장기 과제발굴, 한국교통연구원, 2015

필자 소개



문영준

- 1985년 : 아주대학교 산업공학과 학사
- 1987년 : 아주대학교 대학원 산업공학과 공학석사
- 1998년 : 미국 일리노이대학교(UIUC) 토목공학과(교통공학전공) 공학박사
- 1987년 ~ 1992년 : 국방과학연구소 연구원
- 1998년 ~ 1999년 : 미국 일리노이대학교(UIUC) Post Doc.
- 1999년 ~ 현재 : 한국교통연구원 선임연구위원
- 주관심분야 : 교통운영제어시스템, 지능형교통체계(ITS), 자율주행시스템 등